

# 332

Japan Patent Dept.

Publicized Report of Patent

No. H 11-167064

Date of publicizing: June 22, 1999

Int. Cl.	Distinguishing No.	F1
G 02 B 19/00		G 02 B 19/00
G 21 M 1/00		G 21 M 1/00 Z
G 02 B 13/18		G 02 B 13/18
G 02 F 1/1335	530	G 02 F 1/1335 530
G 03 B 21/14		G 03 B 21/14 A

Request for examination: pending

Numbers of requested claims: 6 OL

Application number: No. H 9-334165

Application date: Dec. 4, 1997

Applicant of the patent: Sony Co. Ltd.

7-35, 6-chome, Kita-Shinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo

Inventor: Hiroshi Horiuchi

Sony Co. Ltd., 7-35, 6-chome, Kita-Shinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo

Inventor: Hiroshi Shimada

Sony Co. Ltd., 7-35, 6-chome, Kita-Shinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo

Assigned representative: Atsuo Waki, patent attorney (and 1 other)

## Detailed report

(Name of patent)

Lighting equipment

Abstract

(Object)

This invention improves lighting efficiency.

(Construction)

This invention consists of a light source consisting of a lamp 1, reflector, and condensers 3, 4 which refract light from the light source in a predetermined direction. The incidence side and/or output side of the condenser lens 4 are aspherical surfaces designed so that the angle of incidence, the output angle, and the illuminated area on the manuscript stand satisfy a predetermined relation  $r(\theta)$ . Instead of a condenser lens 4, a Fresnel lens sheet with a changeable focus is used.

## Sphere of new patent application

(Claim 1)

Claim 1 is concerning lighting equipment which has the following characteristic.

In the field of lighting equipment used to enlarge and project images of a manuscript using an optical lighting system to project the image of a manuscript placed on a manuscript stand,

The optical lighting system in this invention consists of a light source, a condenser lens which refracts light from the light source in a predetermined direction, and a light assembling step consisting of a pair of Fresnel lens sheets which assembles light through the condenser lens to the projection lens.

Also, the incidence side and/or output side of the condenser lens 4 are aspherical surfaces designed so that the angle of incidence to the condenser lens, light output from the light source, and the lighted area on the manuscript stand where the transmitted manuscript is placed satisfy the predetermined relation  $r(\theta)$  given by the following formula 1.

Formula 1

$$r(\theta) = R_{\max} \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{1 - \cos \theta_{\max}}}$$

In the above formula,  $\theta_{\max}$  = maximum angle of incidence for the condenser lens;  $R_{\max}$  = maximum radius of the illuminated area.

(Claim 2)

Claim 2 is concerning the lighting equipment in claim 1 which has the following characteristic. The above optical lighting system has at least two condenser lenses. One or more sides of these condenser lenses has the aspherical surface as described above.

(Claim 3)

Claim 3 is concerning the lighting equipment in claim 1 which has the following characteristic. The optical lighting system consists of a condenser lens with a spherical surface next to the light source;

A Fresnel lens sheet with a Fresnel surface is placed in front of the condenser lens so that the angle of incidence of light from the light source and the illuminated area of the manuscript base satisfy the predetermined relation  $r(\theta)$  given by formula 1.

(Claim 4)

Claim 4 is concerning the lighting equipment in claim 3 which has the following characteristic. A flat plate glass is placed between the condenser lens and the Fresnel lens sheet close to the condenser lens. A ventilation passage is set up between the flat plate and the Fresnel lens.

(Claim 5)

Claim 5 is concerning the lighting equipment in claim 4 which has the following characteristic. The flat plate glass has a multi-layer film coating which reduces transmission of UV or infrared.

(Claim 6)

Claim 6 is concerning the lighting equipment in claim 1 which has the following characteristic. Of the pair of Fresnel lenses which forms the light assembling step, the focal distance of the Fresnel lens sheet on the incidence side changes in accordance with the distance from the optical axis of the light source.

Detailed explanation of the patent

[0001]

(Field of industrial use)

This invention is concerning lighting equipment which is used as the light source for projection devices such as overhead projectors.

[0002]

(Prior art)

Formerly, for example, overhead projection (OHP) devices have been used in classrooms or large halls. These devices enlarge and project the image of a back lighted manuscript consisting of letters or figures written on a transparent onto a screen.

[0003] Figure 11 shows one example of an optical lighting system for an overhead projector device. The main body 41 of the overhead projector 40 contains an optical lighting system consisting of optical elements such as a lamp 42, a reflector 43, a condenser lens 44, and a light assembling part 45 with, for example, a pair of Fresnel lens sheets opposite each other. In addition, the upper part of the light assembling part 45, in other words, near the upper side of the main body 41, there is a manuscript base 46 where the manuscript to be transmitted - for example, an OHP sheet - can be placed.

[0004] The lamp 42 consists of, for example, a halogen or metal halide lamp. For instance, it is placed at the focal point of a spherical reflector 43. By this, light from the

lamp 42 dispersed in the opposite direction from the manuscript base 46 is reflected and returned to the manuscript base 46. This increases efficiency of the lamp 42. Light that is either output from the lamp 42 or reflected by the reflector 43 is assembled by a heat-resistant convex condenser lens 44. Light is incident onto the light assembling part 45 with a predetermined angle.

[0005] The Fresnel lens sheet on the incidence side of the light assembling part 45 collimates light from the condenser lens 44 as parallel light. The Fresnel lens sheet on the output side transmits this parallel light through the OHP sheet (not shown in the figure) on the manuscript base 46. It is also designed to direct light to the projection lens 47 on the upper side of the Fresnel lens sheet. Light transmitted through the OHP sheet is enlarged by the projection lens 47. The light is then reflected by a turning mirror 48 which is placed above the projection lens 47 so that it becomes almost horizontal. The image is enlarged and projected onto a screen 49 which is hung on a wall, etc.

[0006] Figure 12 is an enlargement of the above optical lighting system. The optical efficiency of this optical lighting system is studied by assuming the lamp 42 is an isotropic point source. The angle between the optical axis of light incident to the outermost perimeter of condenser lens 44 and the center of the lamp 42, in other words, the angle of incidence of the condenser lens 44 is adopted as  $\theta$ . The solid angle  $\omega$  of the input surface of the condenser lens 44 from the center of the lamp 42 (regarded as circular for convenience) is given by formula 2 below.

Formula 2

$$\omega = 2\pi (1 - \cos \theta)$$

Meanwhile, since the solid angle of entire perimeter of the spot light source is  $4\pi$ , the ratio of light incident onto the surface of the condenser lens 44 to the light from the point source, in other words, the usage ratio of light bundles  $\varepsilon$  is indicated by the following formula 3.

Formula 3

$$\varepsilon = (1 - \cos \theta) / 2$$

[0007] With the overhead projector of the prior art, the lamp 42 and reflector 43 are combined. Light which is dispersed in the direction opposite from the manuscript base 46 as indicated in figure 11 is reflected by the reflector 43 and input to the condenser lens 44. Therefore, in principle the optical efficiency of this optical lighting system is approximately twice that given by  $\varepsilon$ .

[0008]

(Problems that this invention tries to solve)

With the overhead projector of the prior art, the angle of incidence  $\theta$  is, for example,  $53$  to  $65^\circ$ . The input ratio  $\varepsilon$  is approximately  $20$  to  $30\%$ . However, when the lamp 42 is used with a reflector 43, it becomes possible to have a maximum angle of incidence  $\theta$  of approximately  $90^\circ$ . It is also possible to have an input ratio  $\varepsilon$  of approximately  $50\%$ . However, as the angle of incidence  $\theta$  approaches  $90^\circ$  to increase efficiency, a hot spot is formed on the Fresnel lens sheet of the light assembling part 45 and the center of the manuscript base 46. Therefore, a good image cannot be acquired.

[0009]

(Steps for solution)

In order to solve the above problems, this invention has the following features.

In the field of lighting equipment used to enlarge and project images of a manuscript using an optical lighting system to project the image of a manuscript placed on a manuscript stand,

The optical lighting system in this invention consists of a light source, a condenser lens which refracts light from the light source in a predetermined direction, and a light assembling step consisting of a pair of Fresnel lens sheets which assembles light through the condenser lens to the projection lens.

Also, the incidence side and/or output side of the condenser lens 4 are aspherical surfaces designed so that the angle of incidence to the condenser lens, light output from the light source, and the lighted area on the manuscript stand where the transmitted manuscript is placed satisfy the predetermined relation  $r(\theta)$  given by the following formula 4.

Formula 4

$$r(\theta) = R \max \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{1 - \cos \theta_{\max}}}$$

In the above formula,  $\theta_{\max}$  = maximum angle of incidence for the condenser lens;  $R_{\max}$  = maximum radius of illuminated area.

[0010] The optical lighting system consists of a condenser lens with a spherical surface next to the light source;

A Fresnel lens sheet with a Fresnel surface is placed in front of the condenser lens so that the angle of incidence of light from the light source and the illuminated area of the manuscript base satisfy the predetermined relation  $r(\theta)$  given by formula 4.

[0011] In this invention, the angle of incidence of light from the lamp is increased, and optical efficiency is improved. At the same time, the manuscript can be illuminated uniformly.

[0012]

(Examples of practice of this invention)

In the following, specific examples of practice of this invention are explained in detail referring to figures. First, figure 10 is used to explain the concept of the optical lighting system in this invention. When the light source (lamp) is adopted as P, light bundles  $d\Phi$  output at an angle  $\theta$  to  $\theta + d\theta$  to the optical axis of the light source are indicated by the following formula 5.

Formula 5

$$d\Phi = 2 \pi \sin \theta d\theta$$

[0013] The area  $ds$  of the circular pattern projected onto a surface perpendicular to the optical axis is indicated by the following formula 6.

Formula 6

$$ds = 2 \pi R dR$$

Accordingly, the intensity  $\Psi$  on a circular ring  $R$  to  $R + dR$  is indicated by the following formula 7.

Formula 7

$$\Psi = d\Phi / dS = \sin \theta d\theta / R dR$$

[0014] When the intensity  $\Psi$  given by formula 7 is fixed regardless of the angle  $\theta$ , in other words, when lighting is uniform, the situation is described by formula 8.

Formula 8

$$\sin \theta d\theta = k R dR.$$

In this case however,  $K$  is a proportional coefficient (fixed). By integrating both sides, formula 9 is acquired.

Formula 9

$$\int_{\theta=0}^{\theta=\theta_{\max}} \sin \theta d\theta = K \int_{R=0}^{R=R_{\max}} R dR + C$$

(lower limits of integration were unclear in the original)

[0015] When the following boundary conditions are applied:

$\theta_0 = 0$  deg (parallel to optical axis)

$\theta_{\max} =$  maximum angle of incidence deg

$R_0 = 0$  mm (matched with optical axis)

$R_{\max} =$  irradiated surface maximum radius mm,

The result is formula 10 below.

Formula 10

$$r(\theta) = R_{\max} \sqrt{1 - \cos \theta} / 1 - \cos \theta_{\max}$$

If the condenser lens is designed following formula 10, the area inside the circle of maximum radius  $R_{\max}$  on the irradiated surface, in other words, the center of the manuscript base, can be uniformly illuminated.

[0016] As will be explained later, for example, when the angle of incidence  $\theta_{\max}$  is set at approximately  $75^\circ$ , if the condenser lens has a aspherical surface given by a higher-order polynomial (will be discussed later), formula 10 can be established. In formula 10, although the relationship between the maximum angle of incidence and maximum radius of the irradiated surface is shown, the aspherical shape can be set up in relation to various optical elements, for example, the distance between the lamp and surface of the condenser lens, placement of the projection lens, etc.

[0017] Next, the 1<sup>st</sup> example of practice of this invention is going to be explained. Figure 1 shows one example of lighting equipment for an overhead projector in this invention. The lighting equipment shown in this figure consists of two condenser lenses 3, 4 in front of the lamp 1 and a spherical reflector 2. The outer perimeter of the lamp 1 is, for example,  $\phi$  11 mm; both the input and output surfaces of the condenser lens are spherical; the input surface of the condenser lens 4 near the front side of the condenser lens 3 is spherical; the output surface is a aspherical surface described by a higher-order polynomial with predetermined coefficients (aspherical surface coefficients) calculated from formula 10.

[0018] This higher-order polynomial will be as shown in formula 11 in the following.

Formula 11

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)c^2h^2}} + \sum_{j=2}^9 a_j h^{2+2j}$$

Also, in formula 11,

Z: sag on applied surface at height h from optical axis

c: ratio of curvature of the spherical surface

k: cone coefficient

aj: aspherical surface coefficient (forth, sixth, ----, eighteenth, twentieth coefficient)

h:  $h^2 = x^2 + y^2$

[0019] Also in this case, the maximum angle of incidence of the condenser lens 3 is 78 degrees, the maximum radius of the irradiated surface is 199 mm, the projection distance from the output surface of the condenser 4 to the manuscript base 5, in other words, to the position where the image is formed, is 145 mm. One example of the optical characteristics of the condenser lens 4 in this case is shown in figure 2. In figure 2, surface 0 indicates the lamp 1; surface 1 indicates the input surface of the condenser lens 3; surface 2 indicates the output surface of the condenser lens 3; surface 3 indicates the input surface of the condenser lens 4; and surface 4 indicates the output surface of the condenser lens 4.

[0020] In the example shown in figure 1, the condenser lens 4 will become large with an effective diameter of the output surface of more than 100 mm. Therefore, as shown in formula 10, when the condenser lens has a wide angle of incidence, distortion on the spherical surface is increased. The relationship between the input angle U to Fresnel lens sheet is not a regular function of the output angle  $\theta$  and height h and the focal point will be different depending in height. Because of this, a so-called changeable focus Fresnel lens sheet becomes necessary. That is, following the above formula 10, when seen from the input side of the Fresnel lens (not shown in this figure), it becomes necessary to change the focal distance in accordance with the height h.

[0021] In the following, the focal distance of the Fresnel lens sheet in this case is explained based on figure 3 and figure 4. In general, the light assembling part 6 of an overhead projector consists of a pair of Fresnel lens sheets. The Fresnel lens sheet 6a which on the input side (near the lamp) polarizes light parallel to the optical axis and then injects it to the Fresnel lens sheet 6b on the output side. Then light output from the Fresnel lens sheet 6b is incident onto the projection lens 7 with the input pupil placed at the focal distance. The focal distance necessary for the Fresnel lens sheet 6a is indicated in, for example, figure 3. Using rays incident from the lighting system at height h at angle U to the optical axis for example, the point z is where the rays cross the optical axis as seen from the input surface of the Fresnel lens sheet 6a as indicated in the following formula 12.

Formula 12

$$z = -h / \tan U$$

[0022] That is, from point z on the optical axis of the Fresnel lens sheet 6a, rays at angle U reach point h on the Fresnel lens sheet 6a. Then, the Fresnel lens sheet 6a polarizes the rays parallel to the optical axis. Because of this, the focal distance f of the Fresnel lens

sheet 6a can be defined as  $f = z$ . In this case, the relationship between the height  $h$  and necessary focal distance ( $f = z$ ) using formula 12 in the above is shown in figure 5.

[0023] Figure 5 shows the height  $h$  of the rays in the direction of the horizontal axis and the focal distance necessary for the Fresnel lens sheet 6a in the direction of the vertical axis. According to the table shown in this figure, the focal distance  $f$  of the Fresnel lens sheet 6a depends on the height  $h$  of the incident rays. In other words, the height  $h$  becomes higher, the Fresnel lens sheet 6a must have a longer focal distance. One example of the optical characteristics of the Fresnel lens sheet 6a in this case is shown in figure 6. Accordingly, changing the focal distance  $f$  of the Fresnel lens sheet 6a in accordance with the height  $h$  can be easily done by changing the angle of the Fresnel surface formed on the Fresnel lens sheet 6a.

[0024] Meanwhile, for example, when a high power metal halide lamp such as approximately 575 X is used, in order to keep the lamp temperature stable, a construction with a 28 mm  $\phi$  transparent glass tube around the light emitting ball is required. In this case, as shown in figure 1, if two or more condenser lenses are used, it is necessary for the second lens to have a larger radius. Therefore, acquiring and processing of glass will be very difficult. Because of this, for example, by replacing one of the condenser lenses with a Fresnel lens sheet, it becomes possible to design a condenser lens where the above formula 10 is established.

[0025] Figure 7 shows an example that uses a Fresnel lens sheet with a changeable focus instead of a condenser lens. This is going to be explained as a second example of practice. In the lighting equipment shown in this figure, a condenser lens 13 is placed in front of the lamp 11 and the spherical reflector 12. In addition, a Fresnel lens sheet 15 is placed further in front. There is a flat glass plate 14 for blocking heat. The Fresnel lens sheet 15 is placed so that the flat side is toward the lamp 11.

[0026] The lamp 11 consists of, for example, a double cylindrical tube with 28 mm  $\phi$ . Both the input surface and output surfaces of the condenser lens 13 are spherical surfaces. The input surface of the Fresnel lens sheet 15 is flat. For example, as shown in figure 8, the angled part of the output surface (Fresnel surface) 15a, 15a----- is inclined at an angle  $\theta$  determined from the higher order polynomial with predetermined coefficients (Fresnel surface coefficients) found from formula 10. An example of this higher order polynomial, for example, is formula 13 in the following.

Formula 13

$$\theta = m_0 + \sum_{j=1}^9 m_j h^j$$

In the above formula,

$\theta$ : inclination angle of Fresnel surface

$m_j$ : surface coefficient of Fresnel surface ( $j = 0, 1$  to  $9$ )

$h$ :  $h^2 = x^2 + y^2$

The Fresnel surface coefficients above are found from the relation between the maximum angle of incidence and maximum radius of the irradiated surface according to formula 10. However, in addition to this, they may be determined from other optical parameters such



as the distance between the condenser lens 13 and the Fresnel lens sheet 15, the distance between the Fresnel lens sheet 15 and manuscript base, etc.

[0027] The flat plate glass 14 and Fresnel lens sheet 15 form a ventilation passage 16 for cooled air in order to improve cooling. This ventilation passage 16 is approximately 5 mm wide, for example.

[0028] Figure 7 shows a design for a 75 degree maximum input angle, 189 mm maximum radius. The maximum effective radius of the Fresnel lens sheet must be 110 mm. This is in the range of sizes that can be molded. The optical characteristics of the Fresnel lens sheet 15 with the flat plate glass in this case are shown in figure 9. In figure 9, surface 0 indicates the lamp 11; surface 1 indicates the input surface of the condenser lens 13; surface 2 indicates the output surface of condenser lens 13; surface 3 indicates the input surface of the flat glass plate 14; surface 4 indicates the output surface of the flat glass plate 14; surface 5 indicates the input surface of the Fresnel lens sheet 15; and surface 6 indicates the output surface of the Fresnel lens sheet 15. In addition, a light assembling part 6 (Fresnel lens sheet 6a, 6b) is placed in front of the Fresnel lens sheet 15, the same as the case shown in figure 3. Similar to figure 4 and figure 5, the height  $h$  of the input surface of the Fresnel lens sheet 6a corresponds to the focal distance.

[0029] Using two condenser lenses as in the first example of practice and one condenser lens and one Fresnel lens sheet in the second example of practice was explained by listing various combinations of multiple optical elements. However, it is also possible use only one condenser lens. Furthermore, the surface which consists of the aspherical surface or inclined surface in formula 10 can be used in the design of other overhead projector devices.

[0030]

(Effects of this invention)

As explained above, according to this invention, the angle of incidence of light from the lamp is increased, and optical efficiency is improved. At the same time, the manuscript base can be irradiated uniformly. By this, the manuscript placed on the manuscript base can be illuminated efficiently. Therefore, by using the lighting equipment of this invention for overhead projector devices, etc., it is possible to form a good image with uniform brightness while controlling hot spots.

(Simple explanation of figures)

Figure 1: construction of lighting equipment in the first example of practice of this invention

Figure 2: one example of optical elements of the condenser lens of the first example of practice

Figure 3: principle of the Fresnel lens sheet used in the light assembling part

Figure 4: focal distance of the Fresnel lens sheet on the input side of the light assembling part

Figure 5: relationship between incident rays and the focal distance of the Fresnel lens sheet in figure 4

Figure 6: one example of optical elements of the Fresnel lens sheet in figure 4

Figure 7: construction of lighting equipment of the second example of practice of this invention

Figure 8: inclination angle of the Fresnel lens sheet in the second example of practice

Figure 9: one example optical elements of the Fresnel lens sheet of the second example of practice

Figure 10: abstract of the optical lighting system of the examples of practice of this invention

Figure 11: example of an overhead projector of the prior art

Figure 12: optical lighting system of the overhead projector device in figure 11

(Explanation of symbols)

1, 11: lamp,

2, 12: reflector,

3, 4, 13: condenser lens,

5: projection lens,

6: light assembling part 6a, 6b,

14: flat glass plate

15: Fresnel lens sheet

16: ventilation passage

Figure 1

Figure 4

Figure 2 (table)

	Surface number 0	Surface number 1	Surface number 2	Surface number 3	Surface number 4
space between surface to next surface	14	15	0.5	15	145
Refractive index	1	1.474	1	1.52288	1
Curve ratio radius of surface		-57	-37	-95.5	-188.6
Spherical surface / aspherical surface		Spherical surface	Spherical surface	Spherical surface	aperical surface
Cone coefficient					0.00000E + 00
Aspherical					-1.24500E -

surface coefficient					06
4 <sup>th</sup>					
6 <sup>th</sup>					-9.16253E-10
8 <sup>th</sup>					4.75327E - 13
10 <sup>th</sup>					-4.56204E - 17
12 <sup>th</sup>					1.63460E - 20
14 <sup>th</sup>					0.00000E + 00
16 <sup>th</sup>					1.82671E - 28
18 <sup>th</sup>					0.00000E + 00
20 <sup>th</sup>					0.00000E + 00

Figure 6

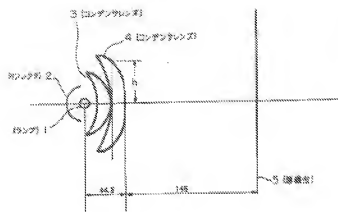
1 <sup>st</sup> Fresnel point Ys (mm)	Fresnel input angle $\alpha$ (Degrees)	Object position s (mm)
Reacing point	Fresnel input angle	Focus f
0.000	0.00000	208.25
13.613	-3.74000	208.25
27.210	-7.42700	208.74
40.746	-10.99800	209.66
54.197	-14.40600	210.99
67.644	-17.61000	212.80
80.762	-20.57800	215.11
93.822	-23.27800	218.08
106.695	-25.68700	221.82
119.356	-27.78100	226.56
131.785	-29.53700	232.58
143.963	-30.92400	242.32
155.860	-31.89300	250.47
167.446	-32.36600	264.20
178.724	-32.22900	283.49
189.562	-31.27300	312.27
200.267	-29.13600	359.28

Figure 9

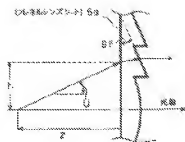
	Surface 0	Surface 1	Surface 2	Surface 3	Surface 4	Surface 5	Surface 6
space between	21	25	1	2	5	0,5	145

surfaces							
Refractive index	1	1.474	1	1.474	1	1.492	1
Radius of curvature		-80	-51.5	1.00E + 10	1.00E + 10	1.00E + 10	-
Spherical surface / aspherical surface		Spherical surface	Spherical surface	Flat surface	Flat surface	Flat surface	Fresnel surface
Fresnel surface coefficient m0							7.58290E - 04
m1							-1.13720E - 02
m2							1.98300E - 03
m3							-5.07120E - 04
m4							1.42050E - 05
m5							-1.85780E - 07
m6							1.10810E - 09
m7							-4.53060E - 13
m8							-2.61900E - 14
m9							8.92370E - 17

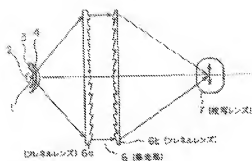
1000  
1000  
1000  
1000  
1000



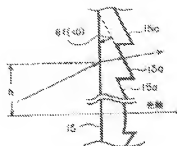
2006 2007 2008 2009 2010



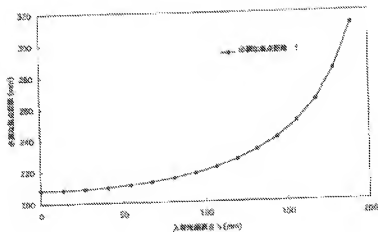
【図9】



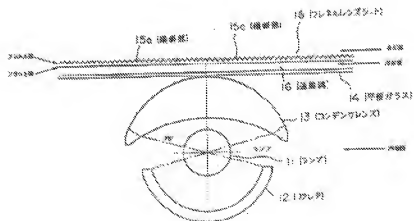
【図8】



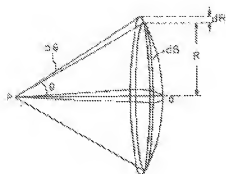
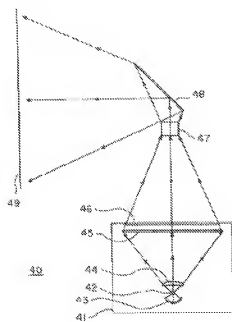
【図5】



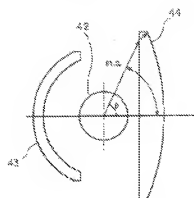
【図7】



[ 10 ]

[illegible]

**Figure 1**



特開平11-167064

(43) 公開日 平成11年(1999) 6 月22日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>  
 G 0 2 B 19/00  
 F 2 1 M 1/00  
 G 0 2 B 13/18  
 G 0 2 F 1/1335  
 G 0 3 B 21/14

識別記号

5 3 0

F I

G 0 2 B 19/00

F 2 1 M 1/00

G 0 2 B 13/18

G 0 2 F 1/1335

G 0 3 B 21/14

Z

5 3 0

A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-334165

(22) 出願日 平成9年(1997)12月4日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 堀内 洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 島田 宏

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

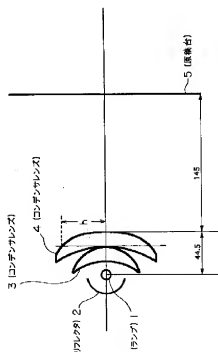
(74) 代理人 弁理士 脇 篤夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 照明装置

(57) 【要約】

【課題】 光の利用効率を向上する。

【解決手段】 ランプ1、リフレクタ2からなる光源部と、この光源部からの光を所定方向に屈折させるコンデンサレンズ3、4を備え、コンデンサレンズ4の入射面及びまたは出射面の形状を、前記光源部から出力された光の、前記コンデンサレンズに対する取り込み角と、透過原稿が配置される原稿台に対する照射面積が所定の関係 $\epsilon$  ( $\theta$ ) となる非球面で構成する。また、コンデンサレンズ4のかわりに可変焦点とされているフレネルレンズシートを用いる。





#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明光学系から出力される光を原稿台上に配置されている透過原稿に照射することにより、前記透過原稿の画像を投写することができる映像拡大投影装置の照明装置において、

前記照明光学系は、

光源部と、

前記光源部からの光を所定の方向に屈折させるコンデンサレンズと、

前記コンデンサレンズを介した光を投写レンズに対して集光する一対のフレネルレンズシートによって構成される集光手段と、

を備え、前記コンデンサレンズの入射面及び／または出射面の形状を、前記光源部から出力された光の、前記コンデンサレンズに対する取り込み角と、前記原稿台に対する照射面積が下記（数1）において所定の関係 $r$

（ $\theta$ ）となる非球面で構成したことを特徴とする照明装置。

#### 【数1】

$$r(\theta) = R \max \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{1 - \cos \theta_{\max}}}$$

但し、

$\theta_{\max}$  = コンデンサレンズの最大取り込み角

$R_{\max}$  = 照射面積の最大半径

【請求項2】 前記照明光学系において少なくとも2枚のコンデンサレンズを配置し、これらのコンデンサレンズのレンズ面のうち一面以上を前記非球面で構成したことを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項3】 前記照明光学系は、

前記光源部に隣接して配置され、レンズ面が球面形状とされているコンデンサレンズと、

前記コンデンサレンズの前方に、前記光源部から出力された光の取り込み角と、前記原稿台に対する照射面積が上記（数1）において所定の関係 $r$ （ $\theta$ ）となるフレネル面を有するフレネルレンズシートで構成したことを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項4】 前記コンデンサレンズと前記フレネルレンズシートの間に前記コンデンサレンズに近接して平板ガラスを配置し、前記平板ガラスと前記フレネルレンズシートの間に通風路を設けたことを特徴とする請求項3に記載の照明装置。

【請求項5】 前記平板ガラスに紫外線または赤外線のを透過を低下させる多層膜コートをしたことを特徴とする請求項4に記載の照明装置。

【請求項6】 前記集光手段を形成する一対のフレネルレンズシートのうち、入射側のフレネルレンズシートの焦点距離は前記光源部の光軸からの距離に応じて変化するよう設定されていることを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えばオーバーヘッドプロジェクター装置などの映像拡大投影装置の光源に用いられる照明装置に関するものである。

#### 【0002】

【従来の技術】 従来から例えば学校の教室や大きな講演会場などで、透明なシートに文字や図表などを記入した透過原稿の背面から光を照射して、その透過光とされる画像をスクリーンに拡大して投写することができるオーバーヘッドプロジェクター（OHP）装置が知られている。

【0003】 図1はオーバーヘッドプロジェクター装置の照明光学系の構成例を示した図である。オーバーヘッドプロジェクター装置40の本体部41内には、照明光学系としてランプ42、リフレクタ43、コンデンサレンズ44、例えば一対のフレネルレンズシートが対向して隣接している集光部45など等の光学素子が配置されている。さらに集光部45の上方部、すなわち本体部41の上面部とされる位置には透過原稿とされる例えばOHPシートを配置することができるようにされている原稿台46が形成されている。

【0004】 ランプ42は例えばハロゲンランプやメタルハライドランプなどで構成され、例えば球面として形成されているリフレクタ43の球心位置に配置されている。これによりランプ42から出力され、原稿台46とは反対方向に発散する光束を反射して、原稿台46に戻すことが可能とされ、ランプ42から出力される光束の有効利用を図っている。ランプ42から出力されるか、またはリフレクタ43で反射された光束は平凸レンズとして構成され耐熱性に優れたコンデンサレンズ44によって集光され、所定の発散角を以て集光部45に入射する。

【0005】 集光部45を構成する入射側のフレネルレンズシートは、コンデンサレンズ44により所定の発散角で入射した光を平行光にして出射する。そして、この平行光を入射した出射側のフレネルレンズシートは原稿台46に配置されるOHPシート（図示せず）を透過して、さらにその上方に配置されている投写部を構成する投写レンズ47に集光するようにされている。OHPシートを透過した光は投写レンズ47で拡大されて、さらに、投写レンズ47の上方に配置されている折り返しミラー48によってその光束がほぼ水平となるように反射されて例えば壁などに掛けられているスクリーン49に拡大投写される。

【0006】 図12に前記照明光学系を拡大して示す。この照明光学系の光学的な効率を考えると、ランプ42を等方向性を持つ点光源と仮定して、ランプ42の中心からコンデンサレンズ44の最外周に入射する光線の光軸に対する角度、すなわちコンデンサレンズ44の取

り込み角を $\theta$ とするとランプ42の中心から見たコンデンサレンズ44の入射面（簡単のために円形と考える）の立体角 $\omega$ は、

【数2】

で与えられる。一方、点光源の全周角の立体角は $4\pi$ であるから、コンデンサレンズ44の入射面が点光源から光束を取り込む割合、すなわち光束の取り込み率 $\xi$ は（数3）で表わすことができる。

【数3】

【0007】なお、従来のヘッドプロジェクタ装置では、ランプ42とリフレクタ43を組み合わせており、図11に示した原稿台46と反対方向に発散する光束はリフレクタ43で反射されてコンデンサレンズ44に入射するので、照明光学系の光学的な効率率は原理上取り込み率 $\xi$ の約2倍程度とすることができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、従来のオーバヘッドプロジェクタ装置では、取り込み角 $\theta$ は例えば $53\sim 65^\circ$ 程度であり、取り込み率 $\xi$ は $20\sim 30\%$ 程度とされている。しかしランプ42をフレクタ43との組み合わせで用いることを考慮すると、実際には取り込み角 $\theta$ を最大で例えば約 $90^\circ$ とすることが可能とされ、取り込み率 $\xi$ も $50\%$ 程度とすることができる。しかし、光の有効利用を考慮して取り込み角 $\theta$ を $90^\circ$ に近づけるにしたがって、集光部45を構成するフレネルレンズシート、及び原稿台46の中央部分で光束密度が高く、また周辺部では低くなるいわゆるホットスポット現象が生じるようになり、良好な画像を得ることができないという問題があった。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような問題を解決するために、照明光学系から出力される光を原稿台上に配置されている透過原稿に照射することにより、前記透過原稿の画像を投写することができる映像拡大投影装置の照明装置において、前記照明光学系は、光源部と、前記光源部からの光を所定の方向に屈折させるコンデンサレンズと、前記コンデンサレンズを介した光を投写レンズに対して集光する一対のフレネルレンズシートによって構成される集光手段を備え、前記コンデンサレンズの入射面及び/または出射面の形状を、前記光源部から出力された光の、前記コンデンサレンズに対する取り込み角と、前記原稿台に対する照射面積が下記（数4）において所定の関係 $r(\theta)$ となる非球面を構成する。

【数4】

$$r(\theta) = R \max \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{1 - \cos \theta_{\max}}}$$

但し、

$\theta_{\max}$  = コンデンサレンズの最大取り込み角

$R_{\max}$  = 照射面積の最大半径

【0010】また、前記照明光学系は、前記光源部に隣接して配置され、レンズ面が球面形状とされているコンデンサレンズと、前記コンデンサレンズの前方に、前記光源部から出力された光の取り込み角と、前記原稿台に対する照射面積が上記（数4）において所定の関係 $r(\theta)$ となるフレネル面を有するフレネルレンズシートで構成する。

【0011】本発明によれば、ランプから出射される光の取り込み角を大きくして光学的な効率を向上するとともに、なおかつ、均一な光束密度で透過原稿を照射することができるようになる。

【0012】

【本発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。まず、図10にしたいが本発明における照明光学系を構成する際の概要を説明する。光源（ランプ）の配置位置をPとした場合、光源の光軸との傾きが $\theta \sim \theta + d\theta$ の間に射出される光束 $d\Phi$ は（数5）で示すことができる。

【数5】

【0013】また、光軸に垂直な照射面に投影される円環様の面積 $ds$ は（数6）で示すことができる。

【数6】

したがって、半径 $R$ の円環へ照射される光束密度 $\Phi$ は（数7）で示すことができる。

【数7】

$$\Phi = \frac{d\Phi}{ds} = \frac{\sin \theta d\theta}{R dR}$$

【0014】（数7）における光束密度 $\Phi$ が傾き $\theta$ に關わらず一定である、すなわち均一な照明が行なわれている場合、

【数8】

である。ただし $K$ は比例定数である。さらにこの両辺を積分して（数9）を得る。

【数9】

【0015】さらに、この場合の境界条件として、例えば

$\theta_0 = 0 \text{ deg}$ （光軸と平行）  
 $\theta_{\max} = \text{最大取り込み角 deg}$   
 $R_0 = 0 \text{ mm}$ （光軸と一致）

$R_{\max}$  = 照射面最大半径 mm

とすると(数10)となる。

# 【数10】

$$r(\theta) = R \max \sqrt{\frac{1 - \cos \theta}{1 - \cos \theta_{\max}}}$$

(数10)が成り立つようにコンデンサレンズを設計することで、照射面、すなわちオーバーヘッドプロジェクタ装置における原稿台の中心部分からなる照射面最大半径  $R_{\max}$  の円内を均一に照明することができるようにする。

【0016】後述するように、例えば取り込み角  $\theta_{\max}$  を例えば約  $75^\circ$  とする場合は、コンデンサレンズに後述する高次多項式によって導かれる非球面を採用することによって(数10)が成り立つようになる。なお、(数10)としては最大取り込み角と照射面最大半径の関係を示しているが、非球面形状は例えばランプとコンデンサレンズのレンズ面の距離や、投写レンズの配置位置など各種光学素子との関連で設定することも可能である。

【0017】次に、本発明の第一の実施の形態を説明する。図1は本実施の形態のオーバーヘッドプロジェクタ装置の照明装置の一例を説明する模式図である。この図に示す照明装置としては、ランプ1、球面リフレクタ2の前方に、2枚のコンデンサレンズ3、4を配置している。ランプ1の外径を例えば  $\phi 11\text{mm}$ 、コンデンサレンズ3の入射面、出射面をともに球面、コンデンサレンズ3の前方に近接して配置されるコンデンサレンズ4の入射面を球面、出射面を(数10)によって算出された所定の係数値(非球面係数)を用いて高次多項式によって得られる非球面として構成されている。

【0018】この高次多項式としては、例えば(数11)に示すようになる。

# 【数11】

$$z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2h^2}} + \sum_{j=1}^9 a_j h^{2j+2}$$

なお、(数11)において、

Z : 光軸から高さ  $h$  での該当面のサグ

c : 基準球面の曲率

k : 円錐係数

$a_j$  : 非球面係数(4次、6次・・・～18次、20次係数)

$h$  :  $h^2 = x^2 + y^2$  である。

【0019】また、この場合、コンデンサレンズ3の最大取り込み角  $78^\circ$ 、照射面最大半径  $19.9\text{mm}$ 、コンデンサレンズ4の出射面から透過原稿が配置される原稿台5、すなわち画像が形成される位置までの投写距離  $14.5\text{mm}$  となるように構成される。この場合のコンデンサレンズ4に関する光学諸元の一例を図2に示す。但

し、図2において、面番号0はランプ1、面番号1、はコンデンサレンズ3の入射面、面番号2はコンデンサレンズ3の出射面、面番号3はコンデンサレンズ4の入射面、面番号4はコンデンサレンズ4の出射面を示している。

【0020】ところで、図1に示す構成例ではコンデンサレンズ4は、その出射面の有効直径が  $10.0\text{mm}$  を越える大口径のレンズとなってしまふ。したがって、(数10)に示したように、取り込み角の広いコンデンサレンズを設計すると球面収差が大きくなる。これによって、出射角  $\theta$  の光線が集光部のフレネルレンズシートに入射する角度  $U$  と入射光の高さ  $h$  との関係が出射角  $\theta$  に関して一定にならず、入射高さに関して異なった焦点を持つため、いわゆる可変焦点のフレネルレンズシートが必要になる。つまり、(数10)が成立する光線は、この図には示していない集光部における入射側のフレネルレンズシートから見ると、入射光の高さ  $h$  に応じて焦点距離を変える必要が生じてくる。

【0021】以下、この場合のフレネルレンズシートの焦点距離について図3、図4にしたがって説明する。一般にオーバーヘッドプロジェクタ装置において集光部6は一对のフレネルレンズシートで構成されており、ランプ側に配置される入射側のフレネルレンズシート6aは照明系からの光線をその光軸に平行な光線に偏向して、出射側のフレネルレンズシート6bに入射させている。そしてフレネルレンズシート6bから出射した光線は、その焦点距離に入射瞳が配置されるようにされている投写レンズ7に入射する。ここでフレネルレンズシート6aに必要な焦点距離は、例えば図3に示されている、照明光学系からその光軸に対して角度  $U$  で高さ  $h$  の点に入射する光線を例に挙げると、フレネルレンズシート6aの入射面から見てその光線が光軸と交わる点  $z$  は(数12)に示すことができる。

# 【数12】

$$z = -\frac{h}{\tan U}$$

【0022】すなわち、フレネルレンズシート6aの光軸上における点  $z$  の位置から、角度  $U$  とされる光線がフレネルレンズシート6aの高さ  $h$  の点に到達して、フレネルレンズシート6aの作用により光軸に平行な光線に偏向される。したがって、フレネルレンズシート6aの焦点距離  $f$  は  $f = z$  とすることができる。この場合、(数12)を用いて入射高さ  $h$  と必要な焦点距離 ( $f = z$ ) の関係を図5に示す。

【0023】図5は横軸方向に入射光線の高さ  $h$ 、縦軸方向にフレネルレンズシート6aに必要な焦点距離を示している。この図に示されている表により、フレネルレンズシート6aの焦点距離  $f$  は入射光線の高さ  $h$  に応じて設定する必要があることが判る。すなわち、入射光線

の高さhが高くなるほど、フレネルレンズシート6aでは長い焦点距離が必要になる。この場合のフレネルレンズシート6aの光学諸元の一例を図6に示す。このようにフレネルレンズシート6aの焦点距離fを光線高さhに応じて可変して設定することは、フレネルレンズシート6aに形成されているフレネル面の傾斜角を変えることにより容易に実現できる。

【0024】ところで、ランプとして例えば約575Wの高電力のメタルハライドランプを採用した場合、ランプの温度条件を安定に保つために、発光球の外側をφ28mmの透明ガラス管で被った2重構造をとるような構成となる。この場合に、図1に示したように、例えば2枚または2枚以上のコンデンサレンズを組み合わせた構成を採用し、2枚目以降のレンズはその半径を比較的大きく構成する必要があるため、ガラス材の入手や加工が極めて困難になってしまう。そこで、例えば1枚のコンデンサレンズをフレネルレンズシートに置き換えて構成することにより、(数10)が成り立つコンデンサレンズを設計することができる。

【0025】以下、図7にしたがい、本発明の第二の実施の形態としてコンデンサレンズに代えて可変焦点のフレネルレンズシートを用いる場合の例を説明する。この図に示す照明装置としては、ランプ11、球面リフレクタ12の前方に、コンデンサレンズ13を配置し、さらにその前方に熱遮断用の平板ガラス14を介してフレネルレンズシート15が配置されている。フレネルレンズシート15はランプ11に対向する面が平面となるように配置されている。

【0026】ランプ11は例えば2重管構造で外径がφ28mmの円筒形状で構成されている。コンデンサレンズ13は、入射面、出射面とも球面により構成されている。また、フレネルレンズシート15は入射面が平面とされ、例えば出射面には図8に示されているように、

(数10) によって求められる所定の係数値(フレネル面係数)に基づいて、所定の高次多項式によって得られる傾斜θを有した傾斜部(フレネル面)15a、15a・・・が形成されている。この高次多項式としては、例えば(数13)に示すようになる。

【数13】

$$\theta = m_0 + \sum_{j=1}^n m_j h^j$$

但し、(数13)において、

θ : フレネル面の傾斜角度

m<sub>j</sub> : フレネル面係数(j=0, 1~9)

h : h<sup>2</sup> = x<sup>2</sup> + y<sup>2</sup>

である。なお、上記フレネル面係数は(数10)によって最大取り込み角と照射面最大半径の関係によって設定されるが、この他にも例えばコンデンサレンズ13からフレネルレンズシート15までの距離や、フレネルレン

ズシート15から原稿台までの距離など、各種光学素子との関連で設定することも可能である。

【0027】平板ガラス14とフレネルレンズシート15との間は冷却効果の向上を図るために、冷却風が通るように例えば5mm程度の間隔とされる通風路16を開けている。

【0028】図7に示す例では、最大取り込み角75度、照射最大半径189mmで設計している。この時、フレネルレンズシート15の最大有効半径は110mm必要となるが、フレネルの成型サイズとしては充分実用化できる範囲にある。この場合の平板ガラスを含めたフレネルレンズシート15の光学諸元の一例を図9に示す。但し、図9において、面番号0はランプ11、面番号1はコンデンサレンズ13の入射面、面番号2はコンデンサレンズ13の出射面、面番号3は平板ガラス14の入射面、面番号4は平板ガラス14の出射面、面番号5はフレネルレンズシート15の入射面、面番号6はフレネルレンズシート15の出射面を示している。さらに、この場合も、フレネルレンズシート15の前方には図3に示した場合と同様に集光部6(フレネルレンズシート6a、6b)が配置されるが、図4、図5で説明した場合と同様にフレネルレンズシート6aの入射面に対する入射光の高さhと焦点距離に対応させるようにする。

【0029】なお、上記第一の実施の形態では2枚のコンデンサレンズ、また第二の実施の形態では1枚のコンデンサレンズと1枚のフレネルレンズシートというように、複数の光学素子の組み合わせによる構成を例に挙げて説明したが、例えば1個のコンデンサレンズで構成することも可能である。さらに、(数10)による非球面や傾斜面として構成される面としては、本発明の照明装置が適用されるオーバーヘッドプロジェクタ装置などの構成に応じて設定することが可能である。

【0030】

【発明の効果】以上、説明したように本発明は、ランプから出射される光の取り込み角を大きくして光学的な効率を向上するとともに、なおかつ、均一な光束密度で原稿台を照射することができるようになる。これにより、原稿台に配置されている透過原稿を効率良く照明することができるので、本発明の照明装置をオーバーヘッドプロジェクタ装置などに適用することにより、ホットスポット現象を抑制して輝度むらのない良好な画像を形成することができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施の形態の照明装置の構成を説明する図である。

【図2】第一の実施の形態のコンデンサレンズの光学諸元の一例を示す図である。

【図3】集光部を構成するフレネルレンズシートの原理を説明する図である。

【図4】集光部の入射側フレネルレンズシートの焦点距離を説明する図である。

【図5】図4に示す入射側フレネルレンズシートにおける光線の入射位置と焦点距離の関係を説明する図である。

【図6】図4に示すフレネルレンズシートの光学諸元の一例を示す図である。

【図7】本発明の第二の実施の形態の照明装置の構成を説明する図である。

【図8】第二の実施の形態におけるフレネルレンズシートの傾斜角度を説明する図である。

【図9】第二の実施の形態のフレネルレンズシートの光

学諸元の一例を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態の照明光学系を構成する際の概要を説明する図である。

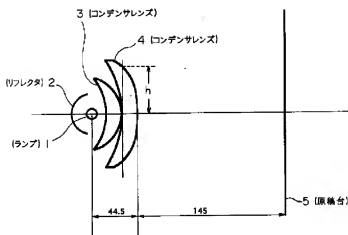
【図11】従来のオーバーヘッドプロジェクタ装置の構成例を説明する図である。

【図12】図11に示すオーバーヘッドプロジェクタ装置の照明光学系について説明する図である。

【符号の説明】

1, 11 ランプ、2, 12 リフレクタ、3, 4, 13 コンデンサレンズ、5 投写レンズ、6 集光部、6a, 6b, 14 平板ガラス、15 フレネルレンズシート、16 通風路

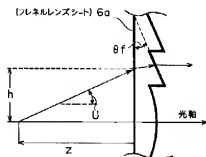
【図1】



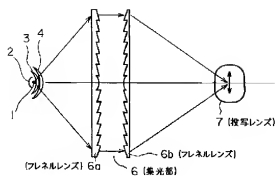
【図2】

	要素号 0	要素号 1	要素号 2	要素号 3	要素号 4
次の面への面間隔	14	15	0.5	15	145
屈折率	1	1.474	1	1.52288	1
面の曲率半径		-57	-37	-95.5	-188.6
球面/非球面		球面	球面	球面	非球面
円周係数					0.00000E+00
非球面係数					-1.24500E-05
4次					-9.16253E-10
6次					4.75327E-13
8次					-4.56204E-17
10次					-1.63460E-20
12次					0.00000E+00
14次					1.82671E-28
16次					0.00000E+00
18次					0.00000E+00
20次					0.00000E+00

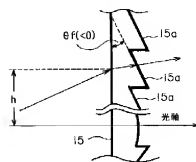
【図4】



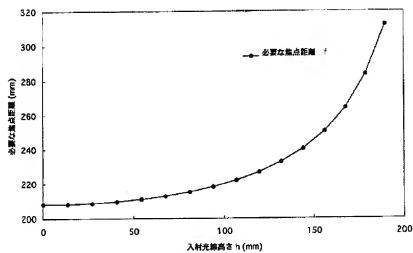
【図3】



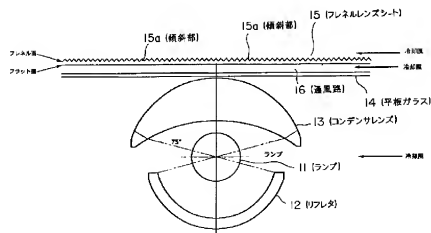
【図8】



【図5】



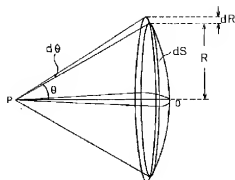
【図7】



【図6】

1stフレネル 到達点 Ys (mm)	フレネル入射角 a (Degree)	物点位置 s s (mm)
到達点	フレネル入射角	焦点 f
0.000	0.00000	208.25
13.613	-3.74000	208.25
27.210	-7.42700	208.74
40.746	-10.99800	209.66
54.197	-14.40600	210.99
67.644	-17.61000	212.80
80.762	-20.57800	215.11
93.822	-23.27800	218.08
106.695	-25.68700	221.82
119.358	-27.78100	226.56
131.785	-29.53700	232.58
143.963	-30.92400	240.32
155.860	-31.89300	250.47
167.446	-32.36600	264.20
178.724	-32.22900	283.49
189.652	-31.27300	312.27
200.267	-29.13600	359.28

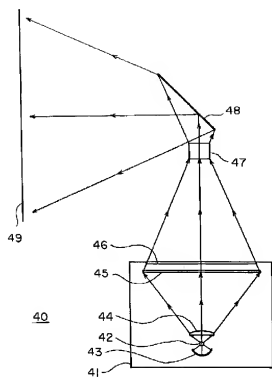
【図10】



【図9】

	面番号 0	面番号 1	面番号 2	面番号 3	面番号 4	面番号 5	面番号 6
次の面への面距離	21	25	1	2	5	0.5	145
屈折率	1	1.474	1	1.474	1	1.492	1
面の曲率半径		-80	-51.5	1.00E+10	1.00E+10	1.00E+10	—
経緯/緯度	経緯	経緯	経緯	平緯	平緯	平緯	—
フレネル面番号	m0						7.58290E-04
	m1						-1.13720E-02
	m2						1.88300E-03
	m3						-5.07120E-04
	m4						1.42050E-05
	m5						-1.85780E-07
	m6						1.10810E-09
	m7						-4.53060E-13
	m8						-2.61900E-14
	m9						8.92370E-17

【图11】



【图12】

